



**Eine Studie zu den lebensgefährlichen Nebenwirkungen  
Elektronischer Fahrdynamikregler  
von  
Karl PLANKENSTEINER**

Update vom 26. Januar 2015

## Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen .....	4
2	Electronic Stability Control (ESC) - Begriffserläuterungen .....	6
2.1	Fahrerwunsch .....	6
2.2	Dackellauf .....	7
2.3	Das ESC-Paradoxon .....	8
3	Allgemeines zu ESC .....	10
4	Zwei Beispiele von Unfallgefahren .....	12
4.1	Beim Fahren auf einer steilen Bergstraße .....	13
4.2	Beim Fahren auf einer vierspurigen Autobahn .....	14
5	Systemfehler als mögliche Ursachen .....	15
5.1	Verminderte Kurvengrenzgeschwindigkeit .....	15
5.2	Fehlsteuerung bei negativem Lenkwinkel .....	17
6	Elektrosmog – ein Auslöser für Fehlfunktionen? .....	19
6.1	Elektromagnetische Strahlungen von Mobiltelefon-Sendern .....	19
6.2	Unvollständige Abschaltung bei Störungen .....	23
7	Maßnahmen zur Unfall-Vermeidung .....	25
7.1	Fixe Warnhinweise in den Fahrzeugen .....	26
7.2	Abschaltpflicht .....	26
7.3	Sonderregelung für Mietwagen .....	27
7.4	Entwicklung eines geeigneten Verfahrens für eine von der Fahrzeugelektronik unabhängigen Funktionsprüfung .....	27

---

7.5	Überwachung der Effizienz unterschiedlicher Fahrdynamik-Regelsysteme durch gezielte Unfalluntersuchungen .....	27
8	Schlussbemerkungen.....	27
8.1	Warum sind Fahrdynamikregler eigentlich entbehrlich? .....	27
8.2	Unrealistische Erwartungen – die größte Gefahrenquelle .....	29
9	Quellenhinweise .....	30

## 1 Vorbemerkungen

Ein mit zu vielen Krümmungen verlegtes Bremsseil war im Jahre 1959 die Ursache eines harmlosen Auffahrunfalles, dessen Folge auf der Frontverkleidung meines ersten noch vollkommen Elektronik freien Motorfahrzeuges durch [„Benjamin der Unfallwarner“](#) verdeckt worden ist. Auch ein Unfall im Februar 2014 in Kalifornien ist auf einen technischen Fehler bei der Bremsanlage zurückzuführen, doch wenn in den 55 Jahren zwischen diesen Ereignissen nicht eine Heerschar von Technikern bei den Fahrzeugherstellern viele ähnliche Konstruktionsfehler beseitigt und dadurch die Sicherheit der Fahrzeuge verbessert hätten, wäre dieser Anprall an die Betonleitwand weniger harmlos ausgegangen. Nur eine intensive [Verkehrsunfall Ursachen Forschung](#) zur Aufklärung der Mängel bei den Fahrzeugen, den Straßen aber auch den Verkehrsvorschriften macht dies erst möglich. Einen messbaren Erfolg bei der Reduktion der Unfallgefahren hat die Anpassung der Technik an die Leistungsfähigkeit des Menschen gebracht und nicht die oft unerfüllbaren Forderungen in Gerichtsurteilen nach einer Anpassung des Menschen an die unvollkommene Technik.



Bei einem Fehler in der elektronischen Steuerung ist die Suche nach der Unfallursache nicht mehr so einfach wie seinerzeit beim Bremsseil. Da die Programmierung ein gut gehütetes Geheimnis der Automobilhersteller ist, kann die Ursache nur über die Analyse der Wirkungen herausgefunden werden. Es war zwar von Anfang an klar, dass eine von der ESC-Elektronik ausgelöste einseitige Bremsung für die Entstehung des Unfalls verantwortlich war, aber wie es zu dieser kam konnte nur über das Testen vieler Hypothesen gesucht werden. Auch wenn die jeweiligen Thesen nicht dem konkreten Unfall zugeordnet werden konnten, so handelt es sich um **mögliche** Unfallszenarien und für die Unfallprävention ist es wesentlich, dass es diese Systemfehler überhaupt gibt.

Nachdem ich zunächst bei den mechanischen Ursachen keine Erklärung für meinen Unfall gefunden hatte wurden die im Kapitel 6 aufgezählten elektronischen Ursachenmöglichkeiten untersucht. Als Nichtelektroniker habe ich ein großes Fragezeichen hinter die Kapitelüberschrift gesetzt, die aufgezeigten Beobachtungen sollen nur als Anregungen für weitere Untersuchungen dienen. Doch erst bei der daraufhin durch das Update vom 5.1.2015 ausgelösten [Diskussion](#) auf der Webplattform des [Colliseum](#) wurde noch eine weitere *mechanisch-elektronische* Unfallursache entdeckt, bei der es sich vermutlich um **die**

langgesuchte Erklärung zur konkreten Unfallursache handelt. Sie wird in dem neu eingefügten Kapitel 2.3 *Das ESC-Paradoxon* erläutert.

Auf den vielen davor gefundenen Unfallszenarien basiert meine Empfehlung für ein *rechtzeitiges Abschalten* des elektronischen Fahrdynamikreglers und durch das ESC-Paradoxon ist nur ein weiterer Grund dazugekommen. Diese haben mich veranlasst den ESC-OFF Schalter immer sofort nach jedem Start zu betätigen. Aus dieser Gewohnheit resultiert eine weitere Beobachtung, die ebenfalls eine der tieferen Unfallursachen sein könnte und im Kapitel 6.2 beschrieben ist. Doch die tiefere Ursache *aller* Probleme wurde nun im Kapitel 2.1 gleich am Anfang erläutert.

Für eine endgültige Beurteilung des Einflusses von ESC auf die Entstehung von Verkehrsunfällen müssen noch viele in dieser Studie aufgeworfene Fragen beantwortet werden und deshalb ist sie auch als Basis für eine Diskussion gedacht. Dennoch ist es aufgrund der bisher gefundenen Schwachstellen des ESC-Systems notwendig bereits jetzt vor den möglichen Folgen zu warnen.



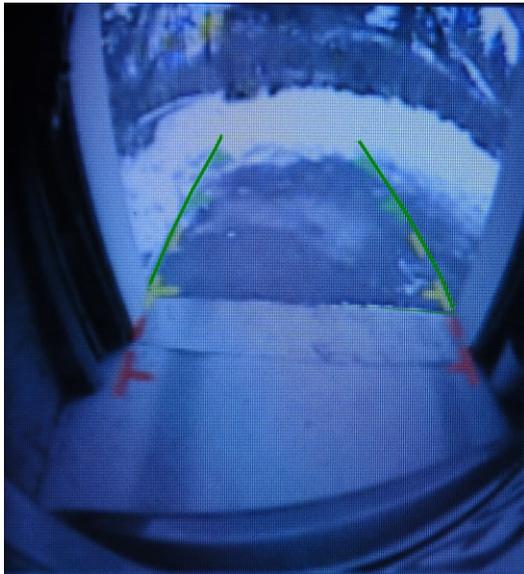
Das Einleitungsvideo zeigt zunächst nur jene möglichen Fehlfunktionen, bei denen Fahrzeughersteller in der Betriebsanleitung zum Abschalten raten.

Derzeit wurden die im Folgenden erläuterten Mängel nur an einer kleinen Stichprobe festgestellt, doch in Ermangelung einer von der jeweiligen Fahrzeugelektronik unabhängigen und allgemein zugänglichen Prüfeinrichtung sollte man sich bis zum eindeutigen Beweis des Gegenteils darauf einstellen, dass alle Fahrzeugmarken davon betroffen sein könnten.

## 2 Electronic Stability Control (ESC) - Begriffserläuterungen

### 2.1 Fahrerwunsch

Hier soll erläutert werden was unter dem Begriff **Fahrerwunsch** im Zusammenhang mit ESC zu verstehen ist. Das ist vergleichsweise beim Tempomaten die von der Elektronik zu regelnde Geschwindigkeit. Ohne Tempomat beobachtet der Fahrer die Tachometeranzeige und regelt mit dem Gasfuß die Geschwindigkeit, bei diesem **traditionellen Regelkreis** dient der Gasfuß als **Regler**. Wird der *Fahrerwunsch* an den Tempomaten durch Betätigung eines Schalters delegiert, dann kann der Gasfuß "abgestellt" werden und die Elektronik übernimmt die Aufgabe mit den von ihr gesteuerten Motoren, die den Gasfuß voll ersetzen. Der **elektronische Regelkreis** arbeitet hier also vollkommen unabhängig vom traditionellen Regelkreis.



Der **Fahrerwunsch** nach einer bestimmten Fahrlinie ergibt sich durch die Abschätzung der Fahrzeugposition aus der Fahrerperspektive und dieser Wunsch kann nicht wie die Geschwindigkeit in Form einer eindeutigen Zahl an die Elektronik übermittelt werden. Deshalb werden beispielsweise in den Monitor der Rückfahrkamera Linien eingeblendet, die der von der Elektronik aus dem Lenkeinschlag berechneten Fahrlinie entsprechen. Hier hat der Fahrer also die Möglichkeit seine Wunschfahrlinie mit Hilfe der Linien durch Lenkradrehungen zu *steuern*.

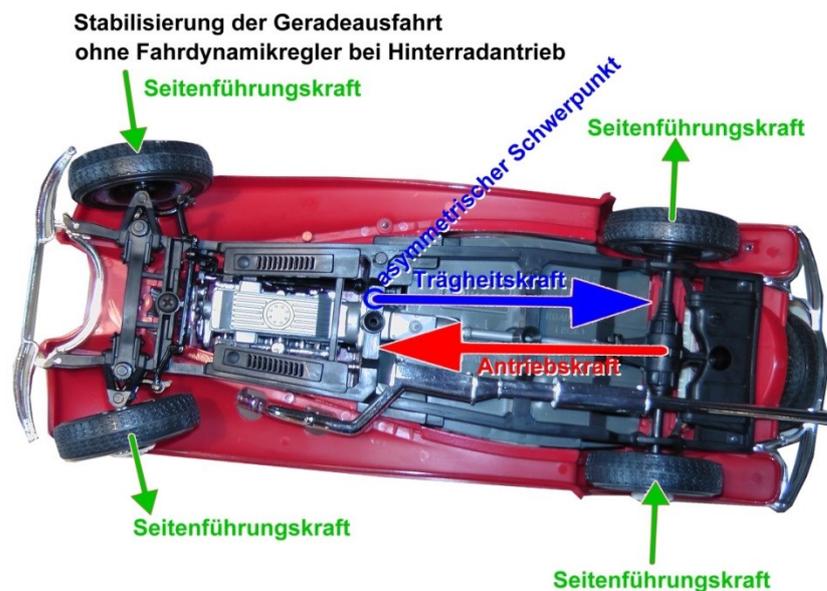
Ohne die Hilfslinien im Monitor muss der Fahrer den Erfolg seines Lenkens selbst abschätzen und gegebenenfalls mit Lenkkorrekturen sein Ziel erreichen, das Lenkrad dient hier als *Regler*. Mit den Hilfslinien wird das Lenkrad aber zum Übermittler des *Fahrerwunsches*, wenn die Elektronik die angezeigte Fahrlinie selbst regelt. Bei einer langsamen Rückwärtsfahrt bedarf es keiner Regelung, was die Berechnung der Hilfslinien wesentlich vereinfacht.

Obwohl in die Windschutzscheibe (noch) keine derartigen Hilfslinien projiziert werden, versuchen die **elektronischen Fahrdynamikregler (ESC)** den Fahrerwunsch aus dem **Lenkwinkel** zu ermitteln, also der Verdrehung des Lenkrades aus der Nullposition für die Geradeausfahrt. Damit dient aber das Lenkrad im *traditionellen Regelkreis* als *Regler*, während es im *elektronischen Regelkreis* als *Wunschübermittler* fungiert! Man kann also mit ESC nicht analog wie beim Tempomaten die Hände vom Lenkrad nehmen und das Lenken

allein der Elektronik überlassen, weil das Lenkrad als Steuergerät benötigt wird. Die Funktionsumschaltung erfolgt hier nicht auf Knopfdruck wie beim Tempomaten, sondern *im Kopf* des Fahrers - das ist **die** tiefere Ursache aller ESC-Probleme.

## 2.2 Dackellauf

Wenn bei der Geradeausfahrt die Fahrzeuglängsachse zur Fahrtrichtung verdreht ist, spricht man von einem **Dackellauf**. Das nachfolgende Bild zeigt eine typische Situation bei der es zu einer Verdrehung der Fahrzeuglängsachse kommen kann, wobei der Vollständigkeit halber dazu gesagt werden muss, dass es sich bei den schematisch dargestellten Seitenführungskräften nur um die *zusätzlichen* Kräfte handelt, die zum Ausgleich des destabilisierenden Momentes aus Antriebskraft und der Trägheitskraft beim Beschleunigen und/oder der Gewichtskomponente bei einer Bergauffahrt erforderlich sind.



Wird der Fahrerwunsch nach dem Lenkwinkel beurteilt, dann müsste ESC von einer beabsichtigten Bogenfahrt nach links als *Fahrerwunsch* ausgehen und versuchen die tatsächliche Geradeausfahrt durch die Bremsung eines linken Rades zu *korrigieren*. Mit dieser Bremskraft wird das Fahrzeug wieder gerade gerichtet, der Lenkeinschlag wird überflüssig und nach seiner Zurücksetzung signalisiert ESC eine Geradeausfahrt als Fahrerwunsch in Übereinstimmung mit der gemessenen tatsächlichen Geradeausfahrt. Doch woher weiß die Elektronik, dass sie zur Aufrechterhaltung dieser stabilen Geradeausfahrt weiterbremsen müsste? Nein sie erfährt dies erst wenn sich das Fahrzeug nach einem Lösen der Bremse wieder zu verdrehen versucht und so entsteht eine pulsierende Stabilitätsbremsung.

Allgemein wird die Auffassung vertreten, die Elektronik reagiert um so viel schneller als der Fahrer, dass man seine Lenkreaktionen als *Regler* vernachlässigen kann und er automatisch das Lenkrad als *Wunschübermittler* benutzen wird. Aus den nachfolgend angeführten Gründen ist diese Meinung aber *falsch*.

Bei der forensischen Aufarbeitung von Verkehrsunfällen wird mit Reaktionszeiten gerechnet, die auf Messungen an Reaktionstestgeräten basieren. Da diese Testgeräte mit diversen Schaltknöpfen für die Probanden meist neu sind, müssen sie die Reaktionen erst *erlernen*. Das entspricht etwa der Lernphase eines Babys bei den ersten wackeligen Schritten und diese Lernphase bis zum stabilen Gehen dauert wesentlich länger als die Eingewöhnungszeit am Reaktionstestgerät. Erst wenn alle Muskelzellen durch wiederholtes Üben gelernt haben koordiniert und ohne Denkprozesse direkt aus dem Unterbewusstsein gesteuert zu arbeiten, ist ein stabiler aufrechter Gang möglich. Vergleicht man aber die graziilen Bewegungen einer Balletttänzerin nach einer noch längeren Lernphase mit den holprigen Bewegungen eines Roboters, dann wird schnell klar, weshalb die einmal erlernten und ständig geübten Lenkreaktionen des Fahrers auch mit der besten Elektronik mithalten können.

Selbst wenn es gelingen sollte alle Fahrzeuglenker so umzuerziehen, dass sie das Lenkrad nur noch als *Wunschübermittler* verwenden, spätestens bei einer Paniksituation werden sie wieder zu *Reglern*. Da helfen auch keine Warnhinweise gegen ruckartiges Lenken, die könnte man nur mit einer Panikdämpfeinrichtung bei der Servolenkung unterdrücken, doch offenkundig funktioniert diese Einrichtung nicht in allen Fahrzeugen, sonst wären ja die Warnhinweise überflüssig. Eine vollständige mechanische Trennung des Lenkrades von der eigentlichen Lenkung, wie beispielsweise in einem Linienflugzeug, würde das Fahrzeug ohne laufenden Motor jedoch unlenkbar machen. – Doch genau auf diese Trennung zielt die Entwicklung eines selbstfahrenden Autos hin und vermutlich sind die hier aufgezeigten Probleme der Grund für die forcierten Anstrengungen der Autohersteller in diese Richtung.

Durch die Doppelfunktion des Lenkrades als *Regler* **und** *Fahrerwunschübermittler* insbesondere in Paniksituationen kann es zu Instabilitäten der beiden sich überlagernden [Regelkreise](#) kommen.

### **2.3 Das ESC-Paradoxon**

Um die Regelbremsungen des ESC für den Fahrer möglichst unbemerkbar zu gestalten wurde die Regelsoftware ständig weiterentwickelt. Deshalb werden auch die für das Eigenlenkverhalten maßgeblichen Größen der Achsgeometrie, wie beispielsweise der Sturzwinkel, im Algorithmus berücksichtigt. Da diese Daten aber nicht während der Fahrt gemessen werden, kann eine Veränderung dieser Größen vor oder auch erst während der Fahrt zu erheblichen Problemen führen.

So beispielsweise nach einem unsanften Kontakt mit einer Gehsteigkante, wo es durch Verformungen der Radaufhängungselemente zu einer wesentlichen Veränderung der Achsgeometrie kommen kann. Eigentlich sollte der Lenker an einem Ziehen des Fahrzeuges nach rechts oder links dies bemerken. "Sollte", denn wenn ESC stabilisierend eingreift, was passiert dann? Auch wenn ESC diesen Links- oder Rechtszug nicht vollständig kompensieren kann, so wird dadurch in vielen Fällen doch die Wahrnehmungsschwelle der Autofahrer unterschritten. Es kommt also, wie beim Dackellauf erwähnt, zu einer permanenten Bremsreaktion des ESC-Reglers, die vor allem bei starken Motoren nicht auffallen wird. Das Paradoxe daran, je besser ESC für den Fahrer unbemerkt arbeitet, desto eher bleibt der Fehler verborgen. Offen bleibt aber noch die Frage, ob die Fehlbremmung, welche schlussendlich zum Unfall führt, durch mechanische Defekte infolge der Dauerbremsbelastung ausgelöst wird, oder durch eine elektronische Fehlsteuerung wegen der stark veränderten Rechenparameter für den ESC-Algorithmus, beispielsweise während eines starken Beschleunigungsvorganges?

In diesem Zusammenhang wäre noch ein Problem vor allem mit Leihwagen zu erwähnen. Wenn der Leihwagenlenker nach einem Gehsteigkontakt keine Veränderung im Fahrverhalten spürt und deshalb glaubt, es wäre ohnehin nichts passiert, dann wird er vermutlich den nächsten Fahrzeugbenutzer nicht über diesen Vorfall informieren, der aber das Fahrverhalten davor nicht kennt und somit keine Vergleichsmöglichkeit hat. Leihwagenfirmen können aber nicht nach jedem Benutzer eine Achsvermessung vornehmen und mit freiem Auge sieht man die Veränderungen meist auch nicht. - Vielleicht hilft es aber schon, wenn man bei der Inbetriebnahme eines Fahrzeuges (dessen Vorgeschichte man nicht lückenlos kennt) mit ausgeschaltetem ESC den Zustand der Lenkung auf ein Ziehen nach links oder rechts beim freihändigen Fahren prüft; damit erfährt die Empfehlung für ein **rechtzeitiges Abschalten** noch eine weitere Bedeutung.

Kann die Elektronik beim Selbsttest nach dem Starten diese Prüfung ohne zusätzliche Sensoren mitübernehmen? Diese Frage stellt sich auf jeden Fall für all jene Fahrer eines Autos, das keinen Ausschaltknopf mehr besitzt.

Je besser und unauffälliger, besonders bei gut motorisierten Fahrzeugen, ESC funktioniert, desto größer ist die Gefahr einen gröberen Fahrwerksmangel zu übersehen, der oft erst in einer außergewöhnlichen Situation einen Unfall auslöst. – Das ist das *ESC-Paradoxon*. Gleichzeitig ist es auch die Erklärung, weshalb ESC als Unfallauslöser meist unentdeckt bleibt und weshalb vorwiegend ältere Fahrzeuge in solche Unfälle involviert sind. Solange bei der Unfallspurensicherung aber nicht einmal festgestellt wird, ob die Fahrzeuge mit einem eingeschalteten ESC beteiligt waren, wird man nicht eruieren können, ob diese Unfälle ohne ESC auch passiert wären. Das ist eine weitere offene Frage.

### 3 Allgemeines zu ESC

Man stelle sich vor, die Europäische Union würde alle Bürger zu einer Impfung verpflichten und dann stellt sich heraus, dass auch noch Jahre nach der Impfung mit einem Serum, das aus einem nicht ausreichend entschärften Killer-Virus erzeugt wird, lebensgefährliche Nebenwirkungen auftreten können. Doch trotzdem lassen sich alle EUphorisch impfen, ignorieren die Hinweise im Beipackzettel, hören auch nicht auf die warnenden Kassandrarufer einiger Ärzte und die Verantwortlichen weigern sich die Krankheit diagnostizieren zu lassen! – Genau dieses Szenario spielt sich im übertragenen Sinne gerade bei Kraftfahrzeugen mit den **Elektronischen Fahrdynamik-Regelungen** ab.

Das am häufigsten verwendete *Impfserum* besteht aus *einseitigen Bremsungen*, deren Gefährlichkeit durch eine elektronische Steuerung *entschärft* werden soll. Diese einseitigen Bremsungen sind das **Killer-Virus**, denn wenn die elektronische Steuerung versagt, werden einseitig gebremste Fahrzeuge von ihrem durch die Lenkung vorgegebenen Kurs nach links oder rechts abgetragen und landen entweder im Gegenverkehr oder im Straßengraben. Doch trotz dieser Gefahr gibt es bis heute kein praktikables Verfahren, mit welchem die richtige Wirkung dieser Fahrdynamikregler unabhängig von der eigenen Fahrzeugelektronik auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden kann. In Österreich ist bei der wiederkehrenden Begutachtung der Fahrzeuge nach § 57a KFG (entspricht der TÜV-Überprüfung in Deutschland) derzeit lediglich vorgesehen zu prüfen, ob das Kontrolllicht *ordnungsgemäß* nach dem Start erlischt !!! Und weil gleichzeitig bei der Spurensicherung nach Verkehrsunfällen nicht einmal erhoben wird, ob das Fahrzeug mit einem Fahrdynamikregler ausgerüstet war, gibt es auch keine Statistiken über deren Einfluss auf die Unfallursachen...

Durch die „[VERORDNUNG \(EG\) Nr. 661/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. Juli 2009](#) erhalten seit 2012 nur noch Kraftfahrzeuge mit einer **Elektronischen Fahrdynamik-Regelung** eine Typengenehmigung und seit 1. November 2014 müssen alle Neufahrzeuge damit ausgerüstet sein. Nach dem *Kapitel II Artikel 5 (1)* dieser Verordnung sollen die Hersteller sicherstellen, „**dass Fahrzeuge so konstruiert, gefertigt und zusammengebaut sind, dass die Gefahr von Verletzungen der Fahrzeuginsassen und anderer Verkehrsteilnehmer möglichst gering ist**“. – Offensichtlich haben die verantwortlichen Behörden zu den Fahrzeugherstellern ein *blindes* Vertrauen **oder** es gibt (noch) kein praktikables Prüfverfahren.

Nachdem in den Betriebsanleitungen die Liste der Warnungen vor den Gefahren mit dem Fahrdynamikregler immer länger wird, auch wenn sie im hinteren Drittel gut versteckt sind, muss davon ausgegangen werden, dass mein erlebter Unfall nicht der erste war, bei dem sich aus den Spuren als Ursache ein Systemfehler beim Fahrdynamikregler nachweisen



### *Traffic Accident Feb. 18, 2014, 18:50*

lässt, der in diesem Fahrzeug mit VDC (Vehicle Dynamic Control) bezeichnet wird. Er hat zuvor bereits zehn Jahre vollkommen unauffällig funktioniert, weshalb man hier von einem Verhalten wie bei einem **Trojaner-Virus** sprechen kann. Doch die Untersuchung über die Fehlfunktion dieses Fahrdynamikreglers hat noch viele weitere Fahrsituationen aufgezeigt, bei denen die *Trojaner* ohne Vorwarnung zuschlagen können.

Erst nach diesen Untersuchungen erinnerte ich mich an einen Unfall, den ich am 21. Juli 2013 auf der Bundesstraße 20 im Ortsgebiet von Traisen, Niederösterreich, zufällig als Zeuge beobachtet hatte. Ein entgegenkommender Mazda 626 (Modell 1999 – 2002) fuhr unmittelbar vor meinem Auto quer über die Straße in einen Zaun, ohne dass ein weiteres Fahrzeug oder Hindernis als Ursache zu sehen gewesen wäre. Der vom Unfall schwer geschockte und verletzte Lenker konnte sich auch nicht die Entstehung erklären und da kein *Fremdverschulden* erkennbar war, ist dieser Fall vermutlich von der Polizei in die Kategorie *Sekundenschlaf* eingeordnet worden.

Doch nun zeigt die Auswertung der damals von mir aufgenommenen Videos ein völlig anderes Bild, wie der nachstehenden Grafik entnommen werden kann. Wenn der Lenker tatsächlich eingeschlafen wäre, dann würde das Fahrzeug aufgrund des Eigenlenkverhaltens wegen der Querneigung der Kurve in einem Rechtsbogen auf die linke Straßenseite gelangt sein, tatsächlich ist das Fahrzeug aber in einem Linksbogen über die Straße gefahren, und dazu bedarf es einer aktiven Lenkraddrehung *oder* einer **Lenkung durch einseitige Bremsung**. Von einem Lenkeinschlag nach links ist in der Endlage aber nichts zu sehen, auch wenn der sichtbare Rechtseinschlag teilweise erst durch die kleine Schleuderbewegung nach dem Anstoß entstanden ist. ([s. auch Kapitel 6](#))



Wie sich bei diesem Unfall gezeigt hat, war der Lenker nach so einem Ereignis geschockt und hatte vor allem für die Zeit vor dem plötzlichen und überraschenden Abkommen keinerlei Erinnerung. Aber von den erhebenden Polizeibeamten werden die Lenker genau dazu intensiv befragt, weshalb die Unwissenheit als Unaufmerksamkeit bzw. als Sekundenschlaf interpretiert wird, an die Möglichkeit einer Fehlfunktion der im Mazda mit DSC (Dynamic Stability Control) bezeichneten Fahrdynamikregelung denkt ja niemand, weil sie noch unbekannt ist und auch weiterhin unbekannt bleiben wird, da sie in den Verkehrsunfallanzeigen (noch) nicht zum Ankreuzen angeführt wird.

#### 4 Zwei Beispiele von Unfallgefahren

Aufgrund von erlebten Funktionsstörungen jener Elektronischen Fahrdynamik-Regelungen, welche durch **einzelne abgebremste Räder** das Fahrzeug stabilisieren, hat die Untersuchung der Ursachen ergeben, dass bei möglichen, und vor allem bei den topografischen und klimatischen Gegebenheiten im Gebirgsland Österreich keineswegs seltenen Verkehrssituationen, lebensgefährliche Nebenwirkungen auftreten, durch die nicht nur die Benutzer der Fahrzeuge, sondern alle Personen im Nahbereich dieser Fahrzeuge gefährdet sind. Es bleiben die Systemfehler der Fahrdynamikregler wie Trojaner-Viren oft viele Jahre inaktiv, weshalb die Fahrzeugbesitzer ein trügerisches Sicherheitsgefühl entwickeln! Im Folgenden sind an Beispielen die kritischsten Situationen aufgezeigt.

#### 4.1 Beim Fahren auf einer steilen Bergstraße

Auf Seite 215 der 288 Seiten umfassenden Betriebsanleitung eines der betroffenen Fahrzeuge, einem damals 14 Monate alten Nissan Qashqai, findet sich der nebenstehend abgebildete Warnhinweis. Am 11. September 2012 bei der Fahrt zu den Drei Zinnen in den

- Beim Fahren auf sehr steilen Strecken wie Schrägkurven funktioniert das ESP-System unter Umständen nicht einwandfrei und die ESP-OFF-Anzeigelampe (  ) und/oder die Schlupfanzeigelampe (  ) könnte aufleuchten. Fahren Sie nicht über solche Strecken. Wenn sich die ESP-OFF-Anzeigelampe  nach dem Fahren auf extremen Strecken einschaltet, starten Sie erneut den Motor, um das ESP-System wieder einzustellen.

Dolomiten, konnte ich auf einer ganz normalen Bergstraße (s. Bild unten) erleben, wie sich eine solche Funktionsstörung der mit ESP (Elektronisches Stabilitäts-Programm) bezeichneten Elektronischen Fahrdynamik-Regelung auswirkt. Zuerst wurde durch die Bremsungen des Systems die Geschwindigkeit so stark reduziert, dass das voll beladene Fahrzeug die keineswegs übertrieben große Steigung kaum bewältigen konnte, ehe die beiden Kontrollleuchten auf eine Fehlfunktion des ESC hinwiesen, wie in der Betriebsanleitung beschrieben. Als sich nach einem entsprechend der Anleitung durchgeführten Reset der Fehler wiederholte, ist jedoch der Motor komplett abgestorben und ließ sich auch nicht sofort wieder starten. Das Fahrzeug blieb daher auf der Steigung *ohne Bremskraftverstärker* und *ohne Servolenkung* stehen und konnte nur mit Mühe



rückwärtsrollend in eine stabile Abstellposition gebracht werden.

– Dieses Glück hatte ein 81-jähriger Pensionist Anfang Juni 2014 in Kärnten nicht. Aus einem Bericht in der *Kleinen Zeitung* geht hervor, dass der Motor bei seinem nagelneuen Auto abstarb und er daraufhin über eine

Böschung stürzte, wo er beim Anprall an einen Baum tödliche Verletzungen erlitt.

Egal ob bei dem Unfall des Pensionisten der Fahrdynamikregler die Ursache des abgestorbenen Motors war oder nicht, der Vorfall zeigt wie gefährlich die von mir erlebte Fehlfunktion des ESC auf Bergstraßen ist. Die Stabilitätsbremsungen sind besonders bei weniger stark motorisierten Fahrzeugen eine große Gefahrenquelle, dennoch wird in der Betriebsanleitung nicht, wie für das Fahren im tiefen Schnee oder mit Schneeketten, das Abschalten, sondern sogar das neuerliche Einschalten des ESC nach einem Reset empfohlen!

Als im April 2014 in den Medien von einem fehlerhaften Zündschloss bei Fahrzeugen von General Motors berichtet wurde, durch das in den USA Fahrzeuge plötzlich *ohne Servolenkung* und *ohne Servobremse* an Verkehrsunfällen mit zumindest 16 Toten beteiligt waren, wurde mir klar, welch großer Gefahr wir damals bei den Drei Zinnen ausgesetzt

waren. Doch bereits am 18. Februar 2014 *durfte* ich in den USA eine weitere Gefahr durch diese Art der Elektronischen Fahrdynamik-Regelung mit einseitigen Bremsungen bei dem eingangs schon erwähnten Unfall (*üb*)*erleben*.

## 4.2 Beim Fahren auf einer vielspurigen Autobahn



### ACHTUNG

- Das ESP ist entworfen worden, um die Fahrstabilität zu verbessern, aber es kann keine Unfälle verhindern, wenn bei hohen Geschwindigkeiten ruckartige Lenkbewegungen oder sonstige leichtsinnige oder gefährliche Fahrmanöver durchgeführt werden. Fahren Sie auf glatter Fahrbahn und in Kurven langsamer und seien Sie dort besonders vorsichtig. Fahren Sie immer vorsichtig.

Wie dem nebenstehenden Warnhinweis aus der gleichen Betriebsanleitung zu entnehmen ist, kann es nach Angaben des Fahrzeugherstellers **bei hohen Geschwindigkeiten** infolge von **ruckartigen Lenkbewegungen** zu Verkehrsunfällen kommen. Beispielsweise kann es bei der Fahrstreifenrochade auf einer vielspurigen Autobahn zu einem Auffahrunfall mit geringer

Relativgeschwindigkeit aber bei einem hohen Geschwindigkeitsniveau kommen. So ein kleiner Heckanstoß hat eine Verdrehung des Fahrzeugs zur Folge, was in der Logik der Elektronik einer ruckartigen Lenkbewegung entspricht, und gemeinsam mit der ruckartigen Drehbeschleunigung der Antriebsräder, die als Schlupf interpretiert werden, löst die ESC-Elektronik eine einseitige Bremsung aus, die das Fahrzeug nach links oder rechts aus der Spur drängt.

Bei dem in der Einleitung erwähnten Unfall auf der US-50 wurde aufgrund eines Heckschadens zwar zunächst als Ursache ein derartiger Heckanprall vermutet, doch einer der weiteren an dem Massenunfall beteiligten Lenker gab an, dass er beim Vorbeifahren an dem gerade gegen die Betonmauer fahrenden Murano das zurückschleudernde Heck gestreift habe. Nun war aber bereits unmittelbar nach dem Unfall das rechte Vorderrad entlüftet und so wurde auch die Hypothese überprüft, dass der den Unfall einleitende Knall von einem Reifen Platzer herrührte. – Und da lieferte der hier erläuterte Systemfehler eine weitere mögliche Fehlfunktion, die aber auch nicht dem konkreten Unfall zugeordnet werden konnte.

Wenn beispielsweise im rechten vorderen Antriebsrad plötzlich der Druck absinkt, dann steigt der Rollwiderstand und das Fahrzeug zieht es nach rechts. Wird aber deshalb nach links gegengelenkt um das Fahrzeug auf Kurs zu halten, dann registriert die Elektronik einen Linksbogen als scheinbar beabsichtigten Kurs und beurteilt die Geradeausfahrt als Untersteuern, weshalb von ihr das linke Hinterrad abgebremst wird. Gleichzeitig kommt es aber wegen des Druckverlustes zu einer Drehzahldifferenz der beiden Antriebsräder, auf welche die Antischlupfregelung mit einer Bremsung des linken Vorderrades antwortet, und diese beiden Bremsungen könnten das Fahrzeug dann „unwiderstehlich“ gegen die Betonleitwand lenken, doch im konkreten Fall war es nicht so.

Egal durch welche der bisher aufgezeigten oder später im Kapitel 6 erläuterten Möglichkeiten die Bremslenkung ausgelöst wurde, alle Versuche durch Gegenlenken dies zu verhindern haben nichts genutzt. Auf die Idee diese Bremsung durch eine kurze Betätigung des Bremspedals zu beenden, wie dies im Kapitel 6.2 als eine Erfolg versprechende Maßnahme beschrieben wird, bin ich in der kurzen Zeit jedoch nicht gekommen. Im Bild wurde



die bis zum Anstoßort an der Betonwand hinführende bogenförmige Bremsspur mit roter Farbe hervorgehoben. Sie ist der eindeutige Beweis, dass die nicht von mir als Lenker ausgelöste Bremsung der linken Räder das Fahrzeug nach links *lenkte*.

Es ist diese totale Entmündigung des Lenkers durch die Elektronik bei der Wahl seiner Fahrtrichtung die mich veranlasste der Sache auf den Grund zu gehen, unter welchen Voraussetzungen derartige Fehlfunktionen des Elektronischen Copiloten möglich sind, neben einem Fehler in der Elektronik selbst – wer kennt nicht die zahlreichen Computerabstürze.

## 5 Systemfehler als mögliche Ursachen

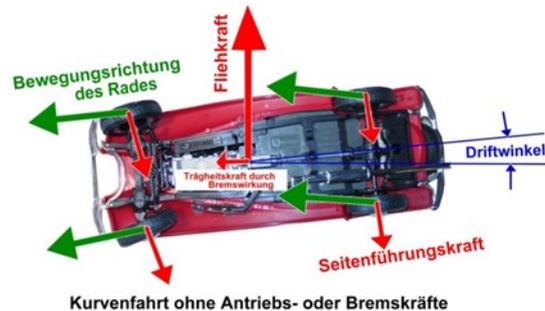
### 5.1 Verminderte Kurvengrenzgeschwindigkeit

Nachdem die Autohersteller die Elektronischen Fahrdynamikregler (ESC) als **die** Sicherheitsinnovation schlechthin anpreisen, ist es für viele nicht vorstellbar, dass ausgerechnet durch dieses System ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung der Sicherheit, nämlich die Kurvengrenzgeschwindigkeit, nicht erhöht sondern abgesenkt wird. Sie reagieren daher wie bei der „**unmöglichen Tatsache**“ von Christian Morgenstern mit der Feststellung: dass „**nicht sein kann was nicht sein darf**“. Unter diesem Motto wurde in dem Video „[ESC Mythos Sicherheit](#)“ auf **YouTube** erläutert, warum es entgegen dem weit verbreiteten Vorurteil dennoch zu einer erheblich verminderten Kurvengrenzgeschwindigkeit kommt. Es wird empfohlen sich das ca. 10 Minuten lange Video als Teil dieser Ausführungen vor dem Weiterlesen anzusehen, um die nachfolgenden besser zu verstehen. Dieses Video wurde jedoch ebenso wie das Einleitungsvideo noch vor der Entdeckung des **ESC-Paradoxons** im Kapitel 2.3 erstellt.

Die Entstehung des Vorurteils von einer höheren Kurvengrenzgeschwindigkeit hat einen realen Hintergrund. Wie schon im Video erläutert und im Bild schematisch dargestellt, bewegen sich die Räder schräg zu den Radachsen, wenn sie zur Kompensation der

Fliehkraft die Seitenführungskräfte übertragen müssen, wodurch ein sog. Driftwinkel entsteht, um den die Fahrzeuglängsachse zur Tangente der Fahrlinie verdreht ist. Die größte Fliehkraft kann das Fahrzeug dann kompensieren, wenn alle Räder ihre größtmöglichen Seitenführungskräfte voll ausschöpfen, doch ein derart *ideales* Fahrwerk ist nicht einmal theoretisch realisierbar.

Es gibt durchaus Achskonstruktionen, die dem oben definierten Ideal sehr nahe kommen, aber die einfacheren Konstruktionen sind oft weit davon entfernt. Hier kann rein theoretisch mit



wohldosierten Bremsungen einzelner Räder eine Erhöhung der realen Kurvengrenzgeschwindigkeit erzielt werden, die aber dennoch immer kleiner als die ideale ist. Um diese Optimierung zu erzielen, müsste man die tatsächlichen Seitenkräfte messen und aufgrund dieser Messwerte mit Hilfe einer an die Fahrzeugkonstruktion angepassten Software die Bremskräfte richtig dosieren; aber diese Seitenkraftsensoren existieren nicht in jenen Fahrzeugen, bei denen ich die Mängel erlebt habe. In dem oben schon beispielsweise erwähnten Nissan Qashqai ist zusätzlich zu den Schlupfsensoren des Antiblockiersystems (ABS) und dem Crashsensor für die Airbags nur ein Lenkwinkelsensor und ein weiterer Sensor zu Messung der Gierwinkelbeschleunigung eingebaut. – Doch mit den Messdaten dieser Sensoren kann die beschriebene Optimierung der Kurvengrenzgeschwindigkeit nicht einmal theoretisch erzielt werden, und auch die bereits erwähnten Fehlfunktionen auf steilen Kurven mit großer Querneigung, die vom Hersteller in der Betriebsanleitung eingeräumt werden, sind auf diese Billigvariante der Sensorik zurückzuführen.

Da nur die Änderung der Verdrehung des Fahrzeugs gegenüber der Erde gemessen werden kann, für die Dosierung der Bremskräfte jedoch die Veränderung des Driftwinkels benötigt wird, also der Winkeländerung relativ zur Tangente der Fahrlinie, muss diese Driftwinkeländerung aus der Differenz der Gierwinkeländerung abzüglich der Winkeländerung durch die normale Kurvenfahrt berechnet werden, welche ihrerseits aus dem Krümmungsradius der Fahrlinie und der Fahrgeschwindigkeit berechnet werden kann. Den Krümmungsradius kann man mit den vorhandenen Sensoren des Systems nur aus dem Lenkeinschlag *näherungsweise* berechnen. Doch diese Näherungsberechnung geht von Fahrzeugparametern, wie der Achsgeometrie oder den Reifenkennlinien aus, die gegenüber den Schätzwerten auch erheblich abweichen können. Dadurch kann es bei ungünstigen Randbedingungen zu Rechenfehlern und schließlich zu den bereits aufgezeigten Fehlfunktionen kommen. Etwa bei Schräglaufwinkeln auf geraden Straßen, hervorgerufen durch Windböen oder einer Querneigungsänderung bei der Fahrbahn, kann diese Berechnungsmethode niemals funktionieren und wer aufmerksam fährt, kann die dadurch

auftretenden unmotivierten Bremsungen des Stabilitätssystems spüren, falls er nicht irrtümlich glaubt, die damit verbundene Verzögerung wäre auf ein Problem des Motors zurückzuführen. Die Radiusberechnung aus dem Lenkwinkel ist auch eine der Ursachen für die in der Betriebsanleitung erwähnten Fehlfunktionen bei ruckartigen Lenkbewegungen!

Egal wie die Elektronik bei jedem einzelnen Fahrzeugmodell die Stabilisierungsbremsungen steuert, eine praktikable und von der internen Software unabhängige Überprüfung der Wirkung könnte u.a. durch Auswertung von Videoaufnahmen erfolgen, welche beim Befahren eines vorgegebenen Kurses von genormter Beschaffenheit aufgenommen worden sind. Wenn man sich in diesem Sinne die im Video „ESC Mythos Sicherheit“ auszugsweise zitierten Aufnahmen aus dem [ESP-Lehrfilm von Bosch](#) ansieht, dann laufen dort die Hinterräder ohne erkennbare Schräglaufwinkel „in der Spur“, und das bedeutet, die Hinterräder übertragen keine oder nur verschwindend kleine Seitenführungskräfte. In der Praxis ist deshalb gegenüber der idealen Kurvengrenzgeschwindigkeit eine Verminderung von bis zu 30 % vorhanden, und wenn es gegenüber der realen Grenzgeschwindigkeit ohne ESC auch nur 10 % oder 20 % Verminderung sein sollten, bei winterlichen Fahrbedingungen sind das eben 10 % bis 20 % zu viel!

Selbst wenn es durch wohldosierte Bremsungen einzelner Räder gelingen sollte die optimale



Kurvengrenzgeschwindigkeit annähernd zu erreichen, **ohne** Driftwinkel geht das nicht. Das resonanzartige Aufschaukeln des Driftwinkels beim legendären verpatzten Elchtest der Mercedes A-Klasse im Jahre 1997 war aber eine der wesentlichen Ursachen des Kippens, und um dies zu verhindern kann man u.a. den

Driftwinkel eben komplett unterdrücken. Eine vollständige Vermeidung des Driftwinkels ohne Verluste bei der Kurvengrenzgeschwindigkeit ist aber nur mit gelenkten Hinterrädern - zumindest theoretisch - möglich. Für die Sensorsteuerung gelten dabei aber die gleichen Bedingungen und es treten die gleichen oben schon beschriebenen Probleme auf. Mit einer Billigvariante bei den Sensoren sind auch hier keine besseren Stabilitätsergebnisse zu erwarten, aber es entfallen immerhin die gefährlicheren einseitigen Bremsungen.

## 5.2 Fehlsteuerung bei negativem Lenkwinkel

Wie dem unten angeführten Zitat aus dem Techniklexikon von Renault-Nissan zu

**Renault Nissan Wien Techniklexikon** Eine Heerschar von Sensoren (Kreiselsensoren, Lenkwinkelsensor, Radsensoren und Beschleunigungssensoren) vergleicht stets den vom Fahrer mit dem Lenkrad vorgegebenen Kurs des Autos mit dem tatsächlichen Kurs auf der Straße.

entnehmen ist, geht das Elektronische Stabilitäts-Programm davon aus, dass der Lenkwinkel mit dem vom Fahrer gewünschten Kurs auf der Straße korreliert. Mit anderen Worten, das System geht von einem Rechtslenkeinschlag in einer Rechtskurve bzw. einem Linksenkeinschlag in einer Linkskurve aus: Im Video [„ESP warum abschalten im Winter“](#) wird jedoch an dynamischen Beispielen gezeigt warum diese Grundthese des ESC in vielen Fällen nicht stimmt, weil es in der Praxis auch **negative Lenkwinkel** gibt, also beispielsweise in einer Rechtskurve ein Linkseinschlag (s. Bild).



Eigentlich wurde ESC entwickelt um solche Fahrzustände mit driftenden Rädern zu verhindern und um dadurch die Sicherheit auf den Straßen zu erhöhen. Doch warum bevorzugen sportliche Fahrer auch noch 2014, also fast 20 Jahre nachdem man die ersten Fahrdynamikregler bereits in Serienfahrzeuge eingebaut hatte, diese Fahrweise: weil sie so schneller um die Kurve kommen! Wie schon im vorhergehenden Kapitel erläutert, beträgt die Absenkung der realen Kurvengrenzgeschwindigkeit mit ESC gegenüber der theoretisch unter Ausnutzung der optimalen Haftreibung möglichen bis zu 30 %, doch bei holprigen Straßenoberflächen, auf Sandstraßen, Rollsplitt oder Schneefahrbahn ist die Gleitreibung



mit driftenden Rädern nicht in diesem Ausmaß kleiner als die Haftreibung. Und nicht zuletzt deshalb erwähnen die Fahrzeughersteller in den Betriebsanleitungen, dass es unter gewissen Voraussetzungen von Vorteil sein kann ESC abzuschalten!

Vermutlich haben die Entwickler des ESC geglaubt, solche negativen Lenkwinkel entstünden nur bei extrem sportlicher Fahrweise, zumindest lässt der im Kapitel 4.2 zitierte Warnhinweis darauf schließen. Doch einen negativen Lenkwinkel gibt es auch, wenn man besonders langsam und vorsichtig in eine Kurve mit großer Querneigung einfährt. Und auf den nunmehr entstehenden negativen Lenkwinkel sind auch die schon im Kapitel 4.1 beschriebenen Probleme zurückzuführen. Aber auch der Warnhinweis hinsichtlich ruckartiger Lenkbewegungen hängt damit zusammen. Doch solche ruckartigen Lenkraddrehungen entstehen vor allem bei einer schreckhaften Ausweichlenkung, die sich auch mit derartigen

Warnhinweisen nicht vermeiden lassen, aber beispielsweise auch beim Anwandeln eines Rades an einer Borsteinkante oder einem sonstigen auf der Straße befindlichen Hindernis wie einem Schlagloch, und wie schon im Kapitel 4.2 beschrieben bei einem Reifen Platzer.

So lange zwischen der Lenkraddrehung und der Drehung der Radachsen aufgrund einer mechanischen Verbindung eine eindeutige Korrelation besteht, bewirken unterschiedliche Schräglaufwinkel an den Vorder- und Hinterrädern eine Abweichung zwischen dem scheinbaren vom Lenkwinkel vorgegebenen Kurs und dem tatsächlich vom Lenker angestrebten. Da aber die Elektronik die Gedanken des Lenkers (noch?) nicht mit Sensoren erfassen kann, könnte nur durch eine Messung der Schräglaufwinkel diese Abweichung bei der Steuerung des ESC berücksichtigt werden.

Die Fahrlinienkrümmung kann im fahrenden Fahrzeug theoretisch nach dem Prinzip optischer Computermäuse an zumindest zwei Messstellen gemessen werden, doch ob es solche allwettertauglichen Messeinrichtungen in Kraftfahrzeugen je geben wird ist fraglich. Und so lange es keine zuverlässigen Messeinrichtungen für die Fahrlinienkrümmung in den Fahrzeugen gibt kann das Stabilitätssystem nicht fehlerfrei funktionieren und sollte abgeschaltet werden.

Als Faustregel für das von den Fahrzeugherstellern empfohlene Abschalten gilt: immer wenn aufgrund der Fahrbahn- und Witterungsverhältnisse mit einem seitlichen Gleiten aller oder auch nur einzelner Räder zu rechnen ist. Zusätzlich auch auf Bergstraßen, wenn die Motorleistung zur Kompensation der störenden Bremsungen nicht ausreicht und das Fahrzeug auf einer Steigung zu „verhungern“ droht. – Also immer dann abschalten, wenn man sich eigentlich von der Elektronik eine Hilfe erwarten würde, und sie allenfalls eingeschaltet lassen, wenn man sie *nur* zur Stabilisierung des Geradeauslaufs mangels entsprechendem Eigenlenkverhaltens eines Billigfahrwerks benötigt. Bei Fahrzeugen, die noch nicht mit einer Reifendrucküberwachung ausgerüstet sind sollte man immer abschalten.

## **6 Elektromog – ein Auslöser für Fehlfunktionen?**

### **6.1 Elektromagnetische Strahlungen von Mobiltelefon-Sendern**

Wenn man den auf [Seite 11](#) aufgezeigten Unfall daraufhin untersucht, welche der im vorigen Kapitel und im Einleitungsvideo aufgezeigten physikalisch begründbaren Fehlfunktionen des Fahrdynamikreglers die auslösende Ursache gewesen sein könnte, so wird man nicht fündig werden. Als entgegenkommender Beobachter habe ich kein Fahrzeug gesehen das aufgefahren wäre, es hat nach dem Unfall keinen entlüfteten Reifen gegeben und dem

Abkommen nach links ist auch keine Kurvenfahrt im Grenzbereich vorangegangen, und irgendein Anwandeln an einer Borsteinkante war auch nicht zu beobachten. Es war vor dem Abkommen eine ganz unauffällige Fahrweise, weder besonders schnell noch übertrieben langsam. Die Rechtskurve befindet sich auch nicht auf einer steilen Bergstraße und die Querneigung ist normal. Der Unfall ereignete sich im Juli, also auch nicht bei winterlichen Fahrbedingungen. – Was kann also *noch* eine Ursache sein?

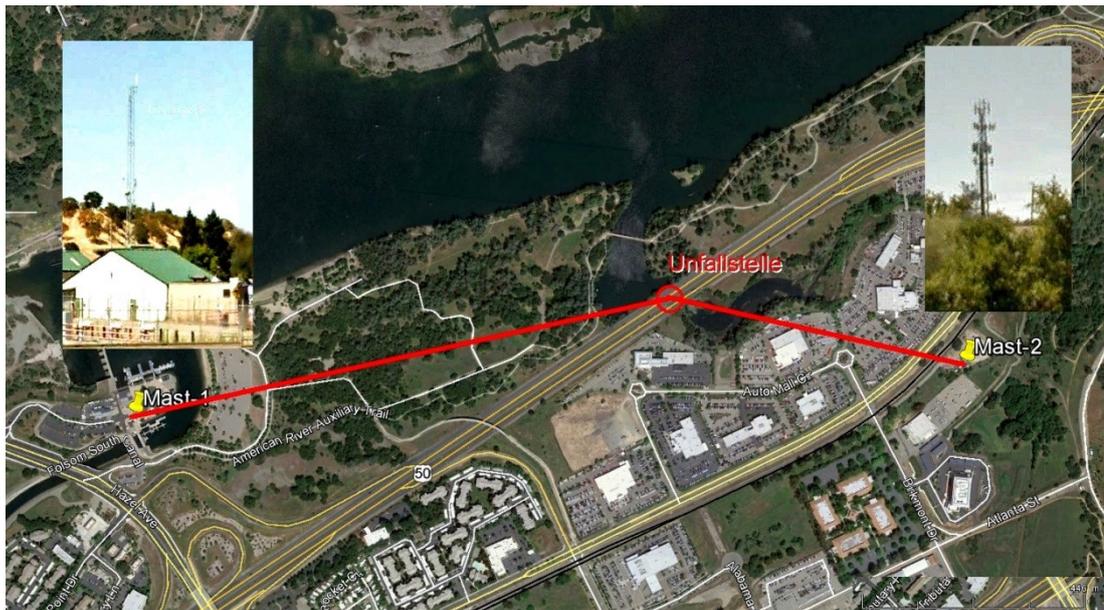
Neben den bereits beschriebenen mechanischen Störungen mit einer Irritation der Software gibt es noch die Möglichkeit einer Störung der Datenübertragung durch elektromagnetische Wellen, also Funksignale. An sich sind die Automobilhersteller verpflichtet die Fahrzeugelektronik gegen die üblichen Funkfrequenzen abzuschirmen, doch es gibt offenkundig eine Konstellation, bei der das nicht funktioniert. Als ich neulich einen Ausflug zu dem auf 1200 m Seehöhe gelegenen Teichalmsee unternahm streifte wieder einmal an dieser Stelle beim Parken die Funkfernbedienung für die Türverriegelung. Wie aus dem [Senderkatalog](#) hervorgeht, befindet sich der Parkplatz ungefähr in der Mitte zwischen den Mobilfunksendern in dieser Gegend.



Was in diesem Zusammenhang jedoch beunruhigend ist, im Internet werden [Störsender](#) angeboten, welche ebenfalls diese Wirkung haben. Man kann damit zwar nicht aktiv ein Türschloss öffnen, aber das Abschließen und das Öffnen mit dem Schlüsselsender verhindern.



Bei den beiden in der Einleitung erwähnten eindeutigen ESC-Unfällen befindet sich die Unfallstelle ebenfalls zwischen zwei nahe gelegenen Mobilfunksendern, wie das nebenstehende und nachfolgende Bild zeigen.



Die beiden Unfallfahrzeuge waren zwar zur Unfallzeit bereits über 10 Jahre alt, doch das Beispiel mit dem Parkplatz zeigt, dass Störungen der Fahrzeugelektronik auch bei einem neuen Fahrzeug auftreten können. Vermutlich entstehen durch Interferenzerscheinungen Funkfrequenzen, gegen welche die Abschirmung nicht ausreicht.

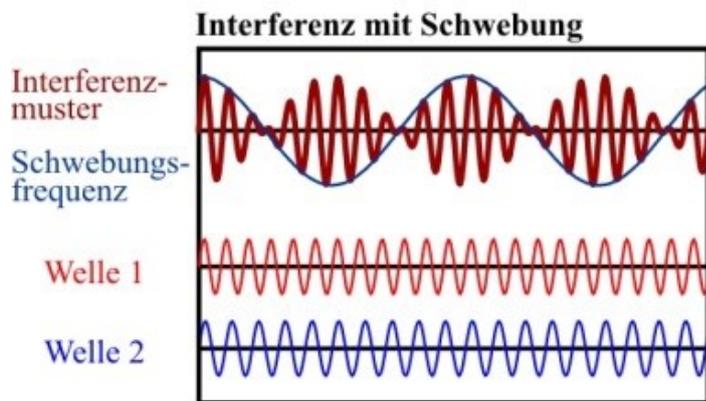
Wie es durch die Wechselwirkung von zwei oder mehreren Mobiltelefonsendern im Detail zu Störungen kommt, muss von Spezialisten erst herausgefunden werden. Doch da dies in dem Smog der vielen Elektromagnetischen Schwingungen der sprichwörtlichen Suche nach der Stecknadel im Heuboden entspricht, könnte vielleicht das nachfolgend erläuterte und ohne großen Aufwand nachvollziehbare Experiment die möglichen Störquellen durch analoge Schlussfolgerungen eingrenzen.

Als ich die Videodatei der Rekorder Aufnahme einer Opernübertragung mit einem Videoschneideprogramm bearbeiten wollte, musste ich zu meinem Bedauern feststellen, dass die bearbeitete Datei nur mit starken [Tonstörungen](#) abgespielt werden konnte, wie man auf dem über den Link erreichbaren Video sehen und *hören* kann. Auf der Suche nach der Fehlerquelle stellte sich heraus, dass drei Tonspuren auf der Datei überlagert gespeichert sind und diese Tonspuren vom Programm überlagert verarbeitet worden sind. Nach der Trennung der Tonspuren mit einem Converter Programm ergaben sich drei völlig gleichartige und vor allem störungsfreie Tonaufzeichnungen.

Bei der [Interferenz](#) von zwei gleichen Sinuswellen mit nur geringfügiger Differenz der Frequenz entsteht eine Schwebung, wie das aus Wikipedia entnommene Bild unten zeigt. Dabei ist die Schwebungsfrequenz immer kleiner als die Frequenzen der beiden Wellen und so müssten die schrillen Störgeräusche von Frequenzen auf den Tonspuren stammen, die normalerweise nicht im hörbaren Bereich sind. Deshalb liefern die isolierten Tonspuren auch

ein störungsfreies Hörvergnügen trotz der hochfrequenten vermutlich für andere Informationen überlagerten Signale.

Für die Störungen der Fahrzeugelektronik kommt es also nicht auf die Sendeleistung jedes



einzelnen Senders in den kritischen Frequenzen an, sondern auf die Überlagerung von Signalen mit deutlich höherer Frequenz. Nachdem sich die Unfallstellen in jenem Bereich befinden, wo die Signalstärke der Sender ungefähr gleich ist, bestehen dort die Voraussetzungen für

die Entstehung einer intensiven Schwebung.

Es ist zwar sehr unwahrscheinlich, dass ein derart entstehendes Störsignal aktiv eine einseitige Bremsung auslösen kann, doch für die Entstehung eines ESC-Unfalles reicht es schon, wenn eine zuvor regulär eingeleitete Bremsung nicht mehr gelöst wird – und genau das ist bei den bisher analysierten Unfällen der Fall gewesen. Gerade wenn der Detektor der Fahrzeugelektronik die störenden Funksignale bemerkt und mit einer Selbstabschaltung reagiert, tritt dieses Problem auf, doch selbst wenn zuvor noch alle Bremsbefehle storniert würden besteht keine Gewähr, dass diese Stornos aufgrund der Störsignale auch bei den Bremsen die gewünschte Wirkung zeigen.

Im Internet habe ich zwar kein Angebot für einen Störsender (Jammer) gefunden, mit dem man die Fahrzeugelektronik im Bereich der ESC-Frequenzen beeinträchtigen könnte, doch technisch realisierbar sind solche Störsender auf jeden Fall. Und wie man lesen kann, wurden ähnliche [Jammer](#) zur Abwehr von Terroranschlägen bereits erfolgreich eingesetzt.

Wie schwierig die Suche nach einer Erklärung für die vielen Unfälle mit einem „unerklärlichen“ Abkommen von der beabsichtigten Fahrlinie ist, zeigt das folgende Beispiel. Wenn das betroffene Fahrzeug so stark beschädigt ist wie auf dem nächsten Bild zu sehen, besteht keine Chance mit einer Fahrzeuguntersuchung Spuren eines allfälligen Fehlers in der Fahrzeugelektronik aufzudecken. Dazu bräuchte man „stoßsichere“ Aufzeichnungen, doch kaum jemand hat eine „Blackbox“ in seinem Fahrzeug. Auch die Befragung des Lenkers verspricht keinen Erfolg, sofern er diesen Horrorcrash überleben sollte. Ob die Auswertung des Funkverkehrs der drei Handysender für den Unfallzeitraum einen Hinweis liefern kann ist zumindest fraglich, zumal es ja auf die vermutlich örtlich und zeitlich eng begrenzte Interferenz zweier oder mehrerer Signale ankommt und zusätzlich die Fahrgeschwindigkeit über den Dopplereffekt eine Rolle spielen dürfte.



Doch allein die Tatsache einer *möglichen* Störung der Fahrzeugelektronik durch Funksignale ist aber schon geeignet das gesamte ESC-System in Frage zu stellen. Denn wie schon in der Einleitung ausgeführt, sind einseitige Bremsungen grundsätzlich lebensgefährlich und nur wenn deren Zähmung durch die Elektronik zu 100 % gewährleistet ist wäre sie unbedenklich – doch selbst Experten schätzen die Trefferquote nur mit 99%.

## 6.2 Unvollständige Abschaltung bei Störungen

Um bei einer elektromagnetischen Störung der Fahrzeugelektronik ESC automatisch abschalten zu können bedarf es eines Detektors für gefährlichen Elektromog, doch erst nach über einem Jahr Betrieb konnte ich bei meinem Auto erstmals bemerken, dass ein solcher Detektor auch vorhanden ist. Denn als beim *Around View Monitor* für ein erleichtertes Einparken auf einmal rote Kreuze aufleuchteten fand ich in der Betriebsanleitung den Hinweis, dass dies auf elektromagnetische Strahlung zurückzuführen ist. „Dies ist normal“ steht dazu als Erläuterung, kein Wort darüber, dass dies eine Warnung vor einer möglichen gestörten Bildübertragung von den vier Kameras sein soll, was vermutlich auf eine schlechte Übersetzung des Originaltextes zurückzuführen ist. Zusammen mit dem Crashsensor sind daher die Voraussetzungen für eine automatische Abschaltung bei einer Störung vorhanden und von deren Funktionstüchtigkeit konnte ich mich bei dem im Kapitel 4.1 geschilderten Vorfall in den Dolomiten überzeugen.



Warum aber gerade dieses automatische Abschalten eine Unfallursache sein soll, ergibt sich erst im Kontext mit einer an anderer Stelle der Betriebsanleitung erwähnten „normalen *Nicht*-Störung“:

Der ESP-Computer besitzt eine eingebaute Diagnosefunktion, die das System jedes Mal beim Anlassen des Motors und Vorwärts- oder Rückwärtsbewegen des Fahrzeugs bei geringer Geschwindigkeit testet. Wenn der Selbsttest durchgeführt wird, hören Sie eventuell ein dumpfes Geräusch und/oder das Bremspedal vibriert. Dies ist normal und kein Anzeichen für eine Störung.

Wenn man in dieser Testphase den ESC-OFF Schalter betätigt hört aber das von den Testbremsungen herrührende Vibrieren bzw. Geräusch nicht jedes Mal sofort auf, meist erst nach einer kurzen Betätigung der Bremse. Dies lässt aber darauf schließen, dass durch das Abschalten der ESC-Steuerung eine zuvor eingeleitete Bremsung mangels einer alternativen Steuerung nicht mehr gelöst wird! Eine Beendigung der Bremsung erfolgt erst nach dem Ende der kurzen Bremsung über das Bremspedal, also einer von den ESC-Sensoren unabhängigen Steuerung des elektronischen Bremssystems.

Es ist also nicht wie ursprünglich vermutet eine komplett fehlende automatische Sicherheitsabschaltung die Unfallursache, sondern *nur* die *vergessene* Abschaltung eines wesentlichen Details. Wer denkt schon daran, dass eine grundvernünftige Sicherheitsmaßnahme genau das Gegenteil bewirken kann? Aber beim ESC muss die Elektronik nicht nur die Betätigung der Bremse eines Rades aktiv steuern, auch das Lösen der Bremse erfolgt nur „auf Kommando“, doch dieses kommt nicht mehr wenn sich das steuernde System selbst abschaltet ohne zuvor ein Bremslösesignal auszusenden. Eine

Störung durch Funksignale kann jedoch nur der Auslöser für diesen Fehler sein und nicht die Ursache, das zeigt der Fehler beim manuellen Abschalten ohne Funkstörung ganz eindeutig.

Die Beobachtungen beim manuellen Abschalten zeigen auch wie man einen ESC-Unfall durch ein kurzes Bremsen vermeiden könnte. Das kann aber nur dann funktionieren, wenn der Fahrzeuglenker auf diese Situation mental vorbereitet ist und aus dem Unterbewusstsein ohne langes Nachdenken reagiert, doch das dürfte wohl ein utopischer Wunschtraum bleiben. Denn meine *Erfahrung* mit dem eingangs erwähnten Unfall in den USA zeigt, bis man die Wirkung der einseitigen Bremsung bemerkt ist es für eine Reaktion bereits zu spät.

Eigentlich müsste man schon aufgrund der bisherigen Untersuchungsergebnisse die Benutzung solcher elektronischer Fahrdynamikregler verbieten, die über einseitige Bremsungen das Fahrzeug stabilisieren, doch so einfach ist nach dem gerade erst in Kraft getretenen Gebot zur Ausrüstung aller Fahrzeug mit einem derartigen Regler ein solches Verbot nicht durchzusetzen. Bis dahin könnten aber die im Folgenden vorgeschlagenen Maßnahmen zur Reduktion der Unfallgefahren beitragen.

## 7 Maßnahmen zur Unfall-Vermeidung

Seit dem (obligatorischen) Einbau eines Fahrdynamik-Regelsystems lenkt in den Autos ein **Elektronischer Copilot** mit, von dem die meisten *Normalfahrer* nichts bemerken und der deshalb wie die Airbags als *stille* Sicherheitseinrichtung empfunden wird. Und weil man die Funktion eines Airbags für den Fall eines Unfalles nicht vorher am eigenen Fahrzeug testen kann, hat man wohl geglaubt dieses neue Element der Fahrzeugelektronik auch nicht weiter überwachen zu müssen; anders ist es wohl kaum zu erklären, dass bei der sog. Pickerlüberprüfung nach §57a KFG kein eigener Prüfbefund dafür vorgesehen ist. Für das gesamte Elektronische Bremssystem (EBS) ist aber auch nur die Prüfung nach den *Vorgaben des Herstellers* vorgesehen, und so wird in der Praxis nur festgestellt, ob das interne System durch das Erlöschen des Kontrolllichtes die *fehlerfreie* Funktion bestätigt. Leider wird aber die gelegentliche Fehleranzeige des Kontrolllichtes nicht im Fehlerspeicher aufgezeichnet, wie ich bei einem Werkstattbesuch feststellen musste, weshalb auch nach einem Unfall nicht auf einfachem Wege festgestellt werden kann, ob unmittelbar davor eine Störung vorgelegen hat oder nicht.

Weil nach einem Unfall kaum jemand daran denkt, dass diese „Sicherheitseinrichtung“ den Unfall verursacht haben könnte, wird auch nicht nach Spuren gesucht, die darauf hinweisen würden, obwohl es sich um sehr charakteristische Spuren handelt. Die meisten beteiligten Fahrzeuglenker können aber auch nicht zwischen einem „normalen“ Schleudern und dem durch eine einseitige Bremsung der Fahrdynamikregelung ausgelösten unterscheiden,

weshalb diese Unfallursache in den Unfallberichten nicht aufscheint. In der Unfallstatistik wird darüber hinaus für die beteiligten Fahrzeuge nicht einmal festgehalten, ob sie mit einer Elektronischen Fahrdynamikregelung ausgestattet waren oder nicht. – Es gibt daher noch keine direkten statistischen Daten über Verkehrsunfälle durch den Elektronischen Copiloten.

Nachdem in der EU-Richtlinie seit 2012 zunächst nur die neu typisierten Fahrzeuge mit einer Fahrdynamikregelung ausgestattet werden mussten und die Übergangsfrist erst am 31. Oktober 2014 endete, dürfte der Anteil der Fahrzeuge mit dieser Regelung in Relation zum Gesamtbestand erst im Jahre 2014 eine statistisch relevante Größe erreicht haben. Und im ersten Quartal 2014 hat die Anzahl der Verkehrstoten in Österreich im Vergleich zum Vorjahr gleich um rund 50 % zugenommen, bei gleichzeitigem Rückgang der registrierten Unfälle, wie in dem Bericht aus der *Kleinen Zeitung* zu lesen war der im Video zitiert ist, und 47 Verkehrstote *mehr* waren nach der gleichen Quelle im gesamten ersten Halbjahr 2014 zu beklagen. Nachdem es in den vorangegangenen Jahren einen stetigen leichten Rückgang an Verkehrstoten gegeben hat und 2013 ein historischer Tiefstand erreicht wurde, müsste der exorbitante Anstieg, insbesondere in den Wintermonaten, bei den Verantwortlichen die höchste Alarmstufe auslösen. Deshalb werden folgende Maßnahmen empfohlen:

### 7.1 Fixe Warnhinweise in den Fahrzeugen



Um alle Fahrzeuglenker auf die möglichen Gefahren durch Elektronische Fahrdynamik-Systeme effizient aufmerksam zu machen, sollte die (nachträgliche) Anbringung eines für den Lenker gut sichtbaren und nicht entfernbaren Warnhinweises vorgeschrieben werden. Dieser sollte den Ort angeben, wo sich die detaillierte Beschreibung aller Situationen befindet, bei denen aus Sicherheitsgründen das System vorsorglich abgeschaltet werden muss.

Wenn die bisherigen Warnhinweise in der Betriebsanleitung missverständlich oder unvollständig waren, sollten die Fahrzeughersteller (beim nächsten Werkstattbesuch) eine neue (genehmigte?) Version der Betriebsanleitung hinzufügen bzw. die alte ersetzen.

### 7.2 Abschaltspflicht

Für alle Fahrzeuge ohne elektronische Reifendruckkontrolle soll in einer Rückrufaktion der Fahrdynamikregler dauerhaft abgeschaltet werden.

Ab 1. November 2014 müssen in der EU zwar alle neu zugelassenen Fahrzeuge mit einer Reifendruckkontrolle ausgerüstet sein, doch damit wird die von älteren Fahrzeugen ohne diese Kontrolleinrichtung ausgehende Gefahr nicht beseitigt.

### 7.3 Sonderregelung für Mietwagen

Mietwagenfirmen sollen verpflichtet werden den Mietern die Warnhinweise in ihrer Sprache auszuhändigen und auch dafür Sorge zu tragen, dass die Mieter insbesondere über die Lage des Ausschaltknopfs informiert werden. Die Vermieter sollten zusätzlich verpflichtet werden in geeigneter Weise nach der Rückgabe die Funktionstüchtigkeit aller für das Funktionieren von ESC wichtigen Bauteile zu prüfen.

### 7.4 Entwicklung eines geeigneten Verfahrens für eine von der Fahrzeugelektronik unabhängigen Funktionsprüfung

Da die Elektronik mit einer veränderbaren Software die Bremsanlage steuert muss eine unabhängige Prüfeinrichtung auch die richtige Funktion dieser Software überprüfen können. Die derzeitige Selbstprüfung durch eine möglicher Weise gestörte Elektronik ist ein gravierendes Versäumnis.

### 7.5 Überwachung der Effizienz unterschiedlicher Fahrdynamik-Regelsysteme durch gezielte Unfalluntersuchungen

Nachdem der Lenker eines Kraftfahrzeuges mit einer Elektronischen Fahrdynamik-Regelung nicht mehr *allein* die Fahrtrichtung bestimmen kann, ist bei jedem Unfall mit einem Abkommen vom vorgegebenen Kurs als mögliche Ursache **auch** eine Fehlfunktion des Systems in Betracht zu ziehen. Die für die Sicherung der Unfallspuren zuständigen Personen sollten daher speziell für die Suche und Sicherung geeigneter Spuren nachgeschult werden.

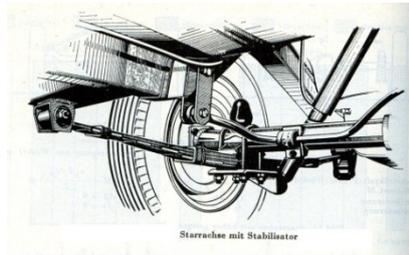
## 8 Schlussbemerkungen

### 8.1 Warum sind Fahrdynamikregler eigentlich entbehrlich?

In dem bereits unter [4.1](#) festgehaltenen Warnhinweis aus einer Betriebsanleitung fällt insbesondere der Satz auf: „*Fahren Sie nicht über solche Strecken*“. Wenn aber bereits das Befahren der Bergstraße zu den Drei Zinnen zu gefährlich ist, wieso hat das Fahrzeug dann eine uneingeschränkte Typengenehmigung erhalten? Diese Frage ist ganz einfach zu beantworten: weil es alle für die EG-Typengenehmigung erforderlichen Tests bestanden hat. Deshalb muss man die Sinnhaftigkeit der vorgeschriebenen Tests kritisch hinterfragen.

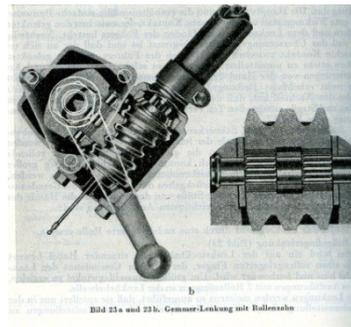
Der gescheiterte Elchtest bei der damals noch neuen Mercedes A-Klasse war wohl der Auslöser für den Siegeszug der Elektronischen Fahrdynamikregler, doch welchen Realitätsbezug hat dieser Test überhaupt noch? Um diese Frage zu beantworten muss man in der Geschichte des Automobilbaus rund ein halbes Jahrhundert zurückblättern.

Als es noch keine Servolenkungen gab wurden die Lenkraddrehungen meist mit einem Schneckengetriebe auf das Lenkgestänge übertragen, wodurch sehr große Lenkraddrehungen erforderlich waren. Viele Autos hatten damals auch starre Hinterachsen mit Blattfedern, bei denen



es schon bei geringen Fahrbahnebenen

in einer Kurve zum Ausbrechen des Hecks kommen konnte. (Die beiden Bilder sind dem Automiltechnischen Handbuch von Bussien aus dem Jahre 1965 entnommen.)



Als Abwehrmaßnahme wurde allgemein das Gegenlenken empfohlen, doch das kam bei der Schneckenlenkung immer gerade um jene Zeitspanne zu spät, die für das Auslösen einer resonanzartigen Pendelschleuderbewegung erforderlich war. Der Elchtest ist aber nichts anderes als die Simulation dieser Pendelschwingungen und sollte sicherstellen, dass die Fahrzeuge in solchen Situationen nicht umkippen. Mit der Verbreitung der Servolenkungen und den besseren Hinterachsen sind die auf solchen Pendelschwingungen basierenden Unfälle rasch verschwunden. Und weil es heute die zum Elchtest gehörigen Unfallsituationen praktisch nicht mehr gibt, ist der Elchtest bereits ein Anachronismus. Im Video „ESC Mythos Sicherheit“ wurde der Elchtest auf eine normale Straße projiziert um diesen Anachronismus besser sichtbar zu machen.

Während der Elchtest für die Beurteilung des Fahrverhaltens eines Kraftfahrzeuges im



normalen Straßenverkehr keine Bedeutung mehr hat, fehlt es an geeigneten Fahrtests zur Beurteilung des Elektronischen Copiloten. Diese Zeitverzögerung bei der Anpassung der Zulassungskriterien an neue technische Entwicklungen ist aber die Primärursache für die Trojaner bei den Fahrdynamikregelungen und genau genommen könnte man diese

Einrichtung wieder ohne Sicherheitsverlust ersatzlos entfernen, vorläufig kann man nur empfehlen das System abzuschalten. Doch auch hier ist Vorsicht geboten, denn nicht in allen Systemen lassen sich *nur* die gefährlichen Funktionen dauerhaft abschalten, hier sollte man auf jeden Fall einen Spezialisten für die betreffende Fahrzeugtype konsultieren.

## 8.2 Unrealistische Erwartungen – die größte Gefahrenquelle

1964, also vor etwa 50 Jahren wurde an der Technischen Hochschule in Graz das erste Rechenzentrum eröffnet und als Hochschulassistent hatte ich das Privileg täglich für wenige Sekunden Rechenzeit einen Stapel Lochkarten mit einem Programm abzugeben. Und eines der auf diese Weise noch mühsam entwickelten Programme befasste sich mit der Rückrechnung der Geschwindigkeit aus Bremsspuren. Erst Jahre später hatte ich die Gelegenheit auf dem Gelände der VW-Forschung in Wolfsburg mit Versuchen die hohe Genauigkeit der Rechenergebnisse unter Beweis zu stellen, doch gleichzeitig wurden die Erwartungen an einen



praktischen Einsatz zerstört, denn die Vermessung der für die Berechnung erforderlichen Parameter jedes Fahrzeuges erwies sich als viel zu aufwändig. Deshalb musste für die Praxis eine einfachere Näherungsvariante geschaffen werden, die schätzungsweise 99 % aller zu untersuchenden Fälle abdeckt.

Ähnlich frustrierend dürfte die Situation für die Entwickler der Elektronischen Fahrdynamikregler heute sein, denn die vorgeführten Versuchsergebnisse zeigen wie elegant man damit um eine Kurve fahren kann, doch die für eine lückenlos erfolgreiche Steuerung erforderlichen Messdaten sind in den Fahrzeugen nicht verfügbar und deshalb kann auch nur eine abgespeckte Variante in Serienfahrzeuge eingebaut werden. Doch wenn hier das System auch nur bei 0,1 % aller Verkehrssituationen versagt, dann ergibt das schon sehr viele Unfälle. Und den Nachweis, dass dafür noch mehr andere Unfälle vermieden werden, wird uns die Automobilindustrie auch weiterhin schuldig bleiben, denn es gibt keine statistisch erfassbaren Daten für *nicht eingetretene Unfälle*.

Offenkundig sind heute noch immer wie vor 50 Jahren die Erwartungen an eine *Elektronik* unrealistisch groß, Dabei wird vor allem von Nichttechnikern häufig übersehen, dass auch die beste Computersoftware die Berechnungen nur an Hand eines immer unvollkommenen Modells der unendlich komplizierten Natur durchführen kann. Es ist daher eine strategische Meisterleistung des Marketings diese Elektronische Fahrdynamik-Regelung als großen Sicherheitsgewinn zu verkaufen, obwohl in der Betriebsanleitung vor dessen Gefahren gewarnt wird:

„ Das ESC ist entworfen worden, um die Fahrstabilität zu verbessern, aber es kann **keine Unfälle verhindern**, wenn ...“

Ja wenn das Wörtchen „WENN“ nicht wäre. Und deshalb zum Abschluss noch eine Empfehlung aus der Betriebsanleitung:

„... Unter folgenden Bedingungen kann es jedoch von Vorteil sein, das ESC-System auszuschalten, ...“

Wer nicht **genau** weiß unter *welchen Bedingungen* abgeschaltet werden sollte, ist gut beraten es ständig auszuschalten – sofern noch ein ESC-OFF-Schalter vorhanden ist.

meint

[Karl PLANKENSTEINER](#)

zuletzt aktualisiert am 26. Januar 2015



## 9 Quellenhinweise

Für die im Text enthaltenen Links zu Informationsquellen kann keine Garantie übernommen werden, dass sie nach dem Aktualisierungsdatum unverändert bleiben.